

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Shota MORI, et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: October 17, 2003

Examiner:

For: A WAVELENGTH MULTIPLEXING METHOD AND AN APPARATUS THEREOF

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s)
herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2002-303896

Filed: October 18, 2002

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing
date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the
requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: October 17, 2003

By: 

H. J. Staas
Registration No. 22,010

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年10月18日
Date of Application:

出願番号 特願2002-303896
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2002-303896]

出願人 富士通株式会社
Applicant(s):

2003年 7月31日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3061273

【書類名】 特許願

【整理番号】 0251101

【提出日】 平成14年10月18日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H04B 10/14

【発明の名称】 波長多重方法及びその装置

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 森 昌太

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 泉 太

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100070150

【住所又は居所】 東京都渋谷区恵比寿 4 丁目 2 0 番 3 号 恵比寿ガーデンプレイスタワー 3 2 階

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊東 忠彦

【電話番号】 03-5424-2511

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002989

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0114942

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長多重方法及びその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数波長の入力光を波長多重して出力するとともに、多重出力光を光モニタ部でモニタして各波長のレベルを分析し、各波長の分析レベルに応じて波長多重される各波長の入力光を複数の可変光減衰器で波長毎に調整して同レベルとする波長多重方法において、

前記複数の可変光減衰器それぞれの出力レベルを検出し、

前記可変光減衰器の出力レベルと前記分析レベルとに応じて前記複数の可変光減衰器の減衰量を制御することを特徴とする波長多重方法。

【請求項 2】 複数波長の入力光を波長多重して出力するとともに、多重出力光を光モニタ部でモニタして各波長のレベルを分析し、各波長の分析レベルに応じて波長多重される各波長の入力光を複数の可変光減衰器で波長毎に調整して同レベルとする波長多重装置において、

前記複数の可変光減衰器それぞれの出力レベルを検出する複数の光レベル検出手段と、

前記可変光減衰器の出力レベルと前記分析レベルとに応じて前記複数の可変光減衰器の減衰量を制御する複数の減衰量制御手段を

有することを特徴とする波長多重装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載の波長多重装置において、

前記複数の可変光減衰器それぞれの入力光のレベルを検出し、検出した入力レベルが閾値を下回ったときアラーム検出を行う複数のアラーム検出手段を有し、

前記複数の入力光それぞれの光源が安定したものか否かに応じて前記複数のアラーム検出手段それぞれの閾値を可変制御する閾値可変制御手段を

有することを特徴とする波長多重装置。

【請求項 4】 請求項 2 または 3 記載の波長多重装置において、

前記複数の可変光減衰器それぞれは、縦続接続された複数の可変光減衰器で構成されたことを特徴とする波長多重装置。

【請求項 5】 請求項 2 乃至 4 のいずれか記載の波長多重装置において、

前記複数の減衰量制御手段それぞれは、前記分析レベルと前記可変光減衰器の出力レベルとの差に対して、前記可変光減衰器の減衰量の変化量を抑えることを特徴とする波長多重装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長多重方法及びその装置に関し、特に、WDM光伝送システムで用いられる波長多重方法及びその装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

WDM (W a v e l e n g t h D i v i s i o n M u l t i p l e x e r : 波長分割多重) 光伝送システムにおいては、多重化される各波長のパワーおよび光 S N R (信号対雑音比) が伝送特性に大きな影響を与えるため、各波長のパワーが均等になるように制御をする必要がある。この方法として、各波長の入力を可変光減衰器 (V A T) に入力し、そのパワーを減衰させることにより調節する方法が採られている (例えば、特許文献 1 参照。) 。

【0 0 0 3】

図 1 は、従来の波長多重装置 (WDM 装置) の一例のブロック図を示す。同図中、各波長 C H ₁ ~ C H _n は可変光減衰器 1 0 ₁ ~ 1 0 _n を通して多重化部 (M U X) 1 2 に供給され多重化されたのち、送信アンプ (AMP) 1 4 で増幅されて光伝送路に出力される。

【0 0 0 4】

上記送信アンプ 1 4 の出力光の一部が光カプラ 1 6 で分岐されて光モニタ部 1 8 に供給される。光モニタ部 1 8 は光スペクトルアナライザ (S A U) によって光スペクトル分析を行い、各波長の光レベルが所定レベルとなるように各可変光減衰器 1 0 ₁ ~ 1 0 _n の減衰量を計算し、シリアルインタフェース 1 9 を通して各可変光減衰器 1 0 ₁ ~ 1 0 _n の減衰量を制御する。

【0 0 0 5】

【特許文献 1】

特開平 9 - 2 6 1 2 0 5 号公報

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来の方法は、WDMの装置構成のうち、図 2 (A) に示すようなポイント・トゥ・ポイント接続を前提としたシステム設計であり、入力波長がトランスポンダなどの安定した光源から出力されたものであることを想定している。そこで、図 2 (B) に示すに一部の波長を分岐・挿入するアド・ドロップ装置 2 0 や、図 2 (C) に示すに波長単位での光交換機能を提供するクロスコネクト装置 2 2 といった装置構成においては、いくつかの問題が上げられる。

【 0 0 0 7 】

第 1 の問題点は、光スペクトルアナライザと可変光減衰器によるフィードバック速度に関するものである。光スペクトルアナライザは波長多重される全波長をモニタする必要がある。代表的なモニタ方法は、信号光の一部を分岐してモニタ光とし、回折格子を使って分波して、その強度分布を信号波長帯域にわたって波長を掃引するという方法が採られている。

【 0 0 0 8 】

図 3 に従来装置のフィードバック制御方法を示す。光スペクトルアナライザではステップ S 1 0 で全波長をモニタし、ステップ S 1 1 で波長レベルのばらつきから各波長の減衰量設定値を計算し、ステップ S 1 2 で各波長の可変光減衰器に減衰量設定値を送信する。各可変光減衰器ではステップ S 1 3 で減衰量設定値を受信し、ステップ S 1 4 で減衰量の設定値を受信した減衰量設定値に変更する。この結果、ステップ S 1 5 で可変光減衰器の出力レベルが変化し、WDMの出力側でも該当波長（チャンネル）のレベルが変化する。

【 0 0 0 9 】

この方法で測定精度を確保するためには、測定間隔として 1 0 0 m s オーダー以上の時間がかかる。また、光スペクトルアナライザから各波長の可変光減衰器に減衰量の設定値を通知するためには通常シリアルインタフェースを使用するが、現状のシステムでも波長数が 1 0 0 波オーダーになっており、今後さらに波長数は増加すると思われる。

【 0 0 1 0 】

光スペクトルアナライザではこの波長をすべて同時にモニタするため、光スペクトルアナライザの測定速度が向上したとしても、シリアルインタフェースの転送時間の律速により高速化には限界がある。したがって、従来の光スペクトルアナライザが直接可変光減衰器の減衰量を制御する方法では、フィードバック周期をある程度以上早くすることは出来ない。

【 0 0 1 1 】

ここで、入力光レベルが急変した場合を考える。1 0 0 m s 以上のゆっくりとした変動に対しては従来の制御方法でも追従して変動を吸収することが出来るが、それ以下の高速な変動に対しては追従することが出来ず、入力の変動がWDMレイヤーへとそのまま変動が伝わってしまうことになる。

【 0 0 1 2 】

もっとも基本的なWDMの形態であるポイント・トゥ・ポイント構成の場合は全チャンネルが自局に設置されたトランスポンダなどの安定した光源から入力されるため、上記のような大きな変動が起こる可能性は低い。これに対し、アド・ドロップ装置やクロスコネクタ装置の場合には、入力波長が上流側のWDM装置から分岐された光であるため、大きなレベル変動が発生する可能性がある。この大きなレベル変動が下流側のWDMレイヤーに抜けていってしまうため問題となる。

【 0 0 1 3 】

アド・ドロップ装置およびクロスコネクタ装置の場合は、波長多重信号から一部もしくは全波長を分離し、切り替え等を行ったあとで再度多重化して送信する。この多重化を行う部分においてはポイント・トゥ・ポイント構成と同様に各波長の送信レベルを均一にする必要があるため、可変光減衰器と光スペクトルアナライザを用いたフィードバック制御機能が必要となる。

【 0 0 1 4 】

ここで、ポイント・トゥ・ポイント構成との違いはこの多重化部への入力为上流側のWDM装置の出力光であるため、たとえば上流側のWDM装置の波長の増減設による出力レベルの変動や光増幅器の故障によるレベルの低下、光スイッチ

を用いたパス切り替え時の光パワーの瞬断、装置保守者がファイバを誤って抜いてしまった際の安全光レベルへの自動シャットダウン機能が動作した場合など、光入力レベルが大きく変動する可能性があることである。

【 0 0 1 5 】

このレベル変動は上記で述べたようなフィードバック速度の遅い従来の制御方法では吸収することが出来ず、下流側のWDM装置に抜けていってしまう。したがって、多段のアド・ドロップ装置やクロスコネクト装置を含むWDMシステムにおいては下流に向かってレベル変動がどんどん累積してしまうこととなり、受信機破損や信号エラーの原因となるため、アド・ドロップ装置やクロスコネクト装置の段数の制限要因となる。

【 0 0 1 6 】

また、光増幅器の入力が急変した際にA L C制御によって出力パワーは変動しないように制御を行うが、この制御によって変動が増幅されることも考えられるため、中継増幅器の段数にも制限要因となり、総伝送距離も制限する必要がある。結果として伝送システムとしての性能を低下させてしまうことになる。

【 0 0 1 7 】

第2の問題点は、A S E (A m p l i f i e d S p o n t a n e o u s E m i s s i o n : 自然放出光) を含んだ入力光に対するアラームの検出に関するものである。安定光源からの光にはA S Eが含まれないのに対し、アド・ドロップ装置やクロスコネクト装置の場合には上流側のWDM装置において光増幅器を通過する際にA S Eが追加されて伝送されるため、信号光とともにA S Eを含んだものが可変光減衰器に入力されることになる。

【 0 0 1 8 】

可変光減衰器では入力波長断および波長レベル低下アラームの検出閾値を設けてアラーム管理及び波長増減設のトリガをかける必要がある。この時にA S Eパワーがあると上流側のWDM装置で信号断またはレベル低下といった現象が発生したにもかかわらず、下流側の可変光減衰器で検出されない、もしくはその逆といった現象が起きる可能性がある。

【 0 0 1 9 】

その結果、本来あるべきの波長が断になるとか、断していてASEしか含まれない波長が後段まで伝送されてしまうといった誤動作を起こしてしまうこととなり問題である。

【0020】

第3の問題点は、可変光減衰器の入力ダイナミックレンジに関するものである。安定光源から供給された波長はレベルもほぼ一定しており、通常運用状態において例えば0 dBm±2 dB程度の範囲に限られる。これに対してアド・ドロップ装置やクロスコネクタ装置の場合には上流側のWDM装置から分岐されてくるため、上流側のWDM装置におけるチルト状態や分岐、合波に至るパスの経路や波長に依存する損失のばらつき、コネクタ部が増えることによって接続ロスของばらつきなど様々な要因が重なるため、可変光減衰器への入力レベルの範囲は安定光源の場合よりも広がり、例えば10 dB以上にも達する場合が考えられる。

【0021】

可変光減衰器の減衰量の可変範囲は30 dB程度あるものも開発されているが、入出力特性のリニアリティが保証されているのは、可変範囲のうち例えば10 dB以下程度の限られた範囲でしかない。したがって、従来の方法ではWDMで要求される0.1 dBオーダーの高精度なレベル安定化制御を行うことが難しくなるという問題がある。

【0022】

本発明は、上記の点に鑑みなされたものであり、可変光減衰器の減衰量を高速に制御することができ、上流側のWDM区間で発生した光レベル変動を下流WDM区間に流れ込むことを防止でき、ASEを含んだ入力光に対して波長断及びレベル低下アラームの検出の誤動作を防止でき、可変光減衰器の入力ダイナミックレンジの高精度に制御可能な範囲を拡大できる波長多重方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】

請求項1, 2に記載の発明は、複数の可変光減衰器それぞれの出力レベルを検出し、可変光減衰器の出力レベルと分析レベルとに応じて複数の可変光減衰器の

減衰量を制御することにより、

可変光減衰器の減衰量を高速に制御することができ、上流側のWDM区間で発生した光レベル変動を下流WDM区間に流れ込むことを防止できる。

【 0 0 2 4 】

請求項 3 に記載の発明は、複数の可変光減衰器それぞれの入力光のレベルを検出し、検出した入力レベルが閾値を下回ったときアラーム検出を行う複数のアラーム検出手段を有し、複数の入力光それぞれの光源が安定したものか否かに応じて前記複数のアラーム検出手段それぞれの閾値を可変制御する閾値可変制御手段を有することにより、

A S E を含んだ入力光に対して波長断及びレベル低下アラームの検出の誤動作を防止できる。

【 0 0 2 5 】

請求項 4 に記載の発明は、複数の可変光減衰器それぞれは、縦続接続された複数の可変光減衰器で構成されたことにより、

可変光減衰器の入力ダイナミックレンジの高精度に制御可能な範囲を拡大できる。

【 0 0 2 6 】

請求項 5 に記載の発明は、複数の減衰量制御手段それぞれは、分析レベルと可変光減衰器の出力レベルとの差に対して、可変光減衰器の減衰量の変化量を抑えることにより、

可変光減衰器の出力が発振して動作が不安定になることを防止することができる。

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】

従来における第 1 の問題点は、光スペクトルアナライザでモニタした結果を可変光減衰器にフィードバックする速度を高速化することによって前段のWDMで発生したレベル変動を吸収することができ回避することが出来る。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、本発明の波長多重装置（WDM装置）の一実施例のブロック図を示す

。同図中、各波長 $CH_1 \sim CH_n$ は可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ を通して多重化部(MUX)22に供給され多重化されたのち、送信アンプ(AMP)24で増幅されて光伝送路に出力される。

【0029】

上記送信アンプ24の出力光の一部が光カプラ26で分岐されて光モニタ部18に供給される。光モニタ部28は光スペクトルアナライザ(SAU)によって光スペクトル分析を行い、各波長の光レベルが所定レベルとなるように各可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ の減衰量を計算し、シリアルインタフェース29を通して各可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ の減衰量を制御する。

【0030】

各可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ それぞれは、可変光減衰部 20_n にのみ示すように、可変光減衰器30と、可変光減衰器30の入出力端のレベルをモニタするフォトダイオード(PD)31, 32と、ALC(自動レベル制御)制御回路34を有している。

【0031】

本発明では、減衰量の制御方法として、光スペクトルアナライザ28でモニタした各波長のパワーから全波長を均一にするべく各波長の可変光減衰器30の出力パワーを計算し、これを目標値としてシリアルインタフェース29で全チャンネルの可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ のALC制御回路34に対して送信する。

【0032】

そして、各波長の可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ は出力端のフォトダイオード32で測定した測定値を与えられた目標値になるように自立的にフィードバック制御する。

【0033】

このように、可変光減衰制御を二段階構成に分けることによって、光スペクトルアナライザ28からの設定値の送信周期は、従来と同様に100msオーダーの低速の周波数で行う。しかし、各可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ のALC制御回路34の機能のみを高速化することによって、高速レベル制御機能を得ることができる。

【0034】

単体の可変光減衰器 30 の動作速度としては、磁気光学効果を使ったもので、 $300\ \mu\text{s}$ 程度というものが製品化されており、3桁の高速化が可能となる。また、 10 Gbps の高速光変調器などに用いられるニオブ酸リチウムの電気光学効果を用いたものも近年商品化されており、こちらは物理特性上磁気光学効果を用いたものよりも高速化が可能であるため、今後さらなる高速化の期待がもてる。この結果として 1 ms オーダーの高速なレベル変動についても可変光減衰器 30 で吸収することが出来るようになる。したがって、後段の WDM へのレベル変動の伝搬を止めることが出来るようになるため、光伝送システムの特性の改善が得られる。

【0035】

図 5 に本発明装置のフィードバック制御方法を示す。光スペクトルアナライザではステップ S 20 で全波長をモニタし、ステップ S 21 で波長レベルのばらつきから各波長の出力レベルの目標値を計算し、ステップ S 22 で各波長の可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ に目標値を送信する。各可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ の可変光減衰器 30 ではステップ S 23 で目標値を受信し、ステップ S 24 で目標値を受信した目標値に変更する。

【0036】

次に、ステップ S 25 で可変光減衰器 30 の出力レベルをフォトダイオード 32 で測定する。ステップ S 26 では目標値と測定値との差が予め設定されている基準値未満であるか否かを判別し、目標値と測定値との差が基準値未満であるとステップ S 27 で目標値と測定値との差を減衰量の設定値として可変光減衰器 30 の減衰量を変更する。この結果、ステップ S 28 で可変光減衰器 30 の出力レベルが変化し、WDM の出力側でも該当チャンネルのレベルが変化する。

【0037】

第 2 の問題点は ASE（自然放出光）を含んだ入力光に対する断検出及び波長レベル低下アラームの検出に関するものであるが、本発明では入力光が安定光源であるか、アド・ドロップもしくはクロスコネクトされてきた光であるかを各チャンネルの可変光減衰部 $20_1 \sim 20_n$ に対して設定し、この設定に応じてフォ

トダイオード 31 における、入力断及び入力レベル低下アラーム検出閾値を、安定光源のチャンネルには低く、アド・ドロップ装置またはクロスコネクタ装置のチャンネルはそれよりも高くする。これによって、上記の問題点を克服し、より安定した光伝送装置を実現することが出来る。

【0038】

図 6 は、本発明を用いたアド・ドロップ装置の一実施例のブロック図を示す。アド・ドロップ装置はドロップ部 44 とアド部 46 からなり、アド部 46 の構成は図 4 の装置と同様であるので同一符号を付す。ドロップ部 44 は、受信アンプ 48 と分離化部 (DMUX) 50 から構成されており、監視制御部 52 によって監視されている。分離化部 50 で分離された複数の波長の一部はドロップチャンネルとして光受信機 (RXP) で終端され、他の一部はスルーチャンネルとしてアド部 46 の可変光減衰部 201 等を通して多重化部 22 に供給される。また、光送信機 (TXP) からのアドチャンネルは、可変光減衰部 20n 等を通して多重化部 22 に供給される。

【0039】

ここで、スルーチャンネルの波長スペクトルは図 7 (A) に示すように ASE に信号が重畳されており、信号断時には図 7 (B) に示すように ASE が残る。これに対して、アドチャンネルの波長スペクトルは図 7 (C) に示すように ASE がなく信号のみが存在し、信号断時には図 7 (D) に示すように無信号となる。このため、入力断及び入力レベル低下アラーム検出閾値を、スルーチャンネルの可変光減衰部 201 等では低くし、アドチャンネルの可変光減衰部 20n 等ではそれよりも高くする。

【0040】

入力断及び入力レベル低下アラーム検出閾値の具体的な設定方法としては、アド・ドロップ装置やクロスコネクタ装置の切り替え機能が自動化されている場合には、装置全体の監視制御部 (Management Complex: MC) 40 がその情報を持っているので、各チャンネルの可変光減衰部 201 ~ 20n に対してその情報を通知し、可変光減衰部 201 ~ 20n それぞれのフォトダイオード 31 のアラーム検出閾値を可変設定する。

【 0 0 4 1 】

また、光ファイバの切り替え等を手動で行っている場合は、装置の立ち上げや構成替えの際にオペレーターが設定する。アド・ドロップ装置、クロスコネクト装置を網管理システム（Network Management System：NMS）4 2 が管理している場合には、網管理システム 4 2 から監視制御部 4 0 を通して可変光減衰部 2 0₁ ～ 2 0_nそれぞれのフォトダイオード 3 1 のアラーム検出閾値を可変設定する。

【 0 0 4 2 】

第 3 の問題点は、可変光減衰器のダイナミックレンジに関するものである。これは、可変光減衰器 3 0 のダイナミックレンジが 3 0 d B 程度（1 0 0 0 倍）と大変広いことと、図 8 に示すように、制御電流対減衰量の特性において直線性がある部分（直線近似が有効な範囲：リニア範囲）が少なく、直線近似が有効な範囲外を線形近似でフィードバックした場合の誤差が大きいこと、およびその特性の個体ばらつきが大きいことが原因である。

【 0 0 4 3 】

そこで、図 9 に示すように、2 段の可変光減衰器 3 6，3 7 もしくはそれ以上の可変光減衰器を縦続接続し、可変光減衰器 3 0 として使用する。可変光減衰器 3 6，3 7 の減衰量の比率は入力光レベルに応じ適正なものとする。

【 0 0 4 4 】

図 1 0 に示すように、1 段目の可変光減衰器 3 6 はリニア範囲で減衰量を大きく変動させて 2 段目の可変光減衰器 3 7 がリニアリティを確保できる範囲に合わせ込む。そして 2 段目の可変光減衰器 3 7 にて 1 d B 未満の精密なレベル合わせを行う。精密な制御は 2 段目の可変光減衰器 3 7 が受け持つため、1 段目の可変光減衰器 3 6 にはそれほどの精度は要求されない。したがって、高精度の制御が可能となるダイナミックレンジを拡大することが出来る。

【 0 0 4 5 】

なお、可変光減衰器には全解放時にも残留ロスが存在するため、段数を増やすとその分だけロスが増えてしまうが、問題となっているのは、可変光減衰器の特性のリニアリティであり、このロスのある程度犠牲にしても安定性が確保できる

ことには大きなメリットがある。

【 0 0 4 6 】

また、制御方法としては入力レベルが急変した際など、変動量が所定の閾値以上となった場合には 1 段目の可変光減衰器 3 6 で吸収し、通常の範囲の変動であれば 2 段目の可変光減衰器 3 7 で吸収するという方法を用いても良い。

【 0 0 4 7 】

図 4 に示す装置において、入力レベルが急変した場合を考える。従来の光スペクトルアナライザが直接制御を行う方法では、光スペクトルアナライザからの制御周期が 1 0 0 m s 以上と可変光減衰器の応答速度より遙かに遅いため、設定値変化による減衰量の緩和振動は大きな問題とはならない。これに対し、本発明では可変光減衰器 3 0 の応答速度に近い速度でのフィードバックが可能であるため、その限界に近い速度で制御を行う際には注意が必要となる。

【 0 0 4 8 】

つまり、目標値と測定値の差をそのまま減衰量にフィードバックしてしまうと緩和振動によりスパイク状のレベル変動が発生し、場合によっては可変光減衰器の出力が発振して動作が不安定になってしまう可能性がある。その結果、入力側のレベル変動を吸収するはずが、逆に増幅してしまうことすら考えられる。

【 0 0 4 9 】

そこで、可変光減衰器 3 0 が自立的に A L C 制御を行う際に、目標値と測定値の差分が大きい場合は、差分値をそのまま設定値にフィードバックするのではなく、その大きさに応じて変化量を調節することにより、設定値の変化を滑らかなものとする。

【 0 0 5 0 】

具体的には、目標値と測定値の差をそのまま減衰量の設定値の変化量とする場合を図 1 1 に実線で示す場合、第 1 に、二点鎖線で示すよう差分値に対する設定値の変化量を階段状にして徐々に変化量を圧縮する。第 2 に、一点鎖線で示すよう設定値の変化量に上限を設ける。第 3 に、破線で示すよう差分値に対する設定値の変化量の傾きを徐々に緩くするといった方法をとる。

【 0 0 5 1 】

このような方法により、可変光減衰器 3 0 が高速フィードバックする際に問題となる不安定性を回避することが出来る。また、この方法は、可変光減衰器 3 0 の特性を線形近似した際の近似誤差による制御の安定性向上についても、上記の緩和振動に対するのと同様な効果がある。

【 0 0 5 2 】

図 4 に示す装置では、可変光減衰器 3 0 の出力レベルを高速に制御することが出来る。しかし、運用波長数を増設および減設する時にあまり高速に動かすと、現在運用されている波長の信号が影響を受けてしまうことがある。増減設される波長のレベルを急速に変化させると、WDM のトータルパワーが変わることにより光増幅器の励起状態に変化が起きることや、誘導ラマン散乱等の非線形光学効果の波長間相互作用が変化することなどによって、運用チャンネルに符号誤り率の劣化などの影響が起こる可能性がある。例えば、図 1 2 (A) に実線矢印で示す右端の波長を増設する際に、破線で示すように各波長のレベルにチルト（傾き）を生じる。

【 0 0 5 3 】

また、この影響の出方は波長数によっても変化する。例えば図 1 2 (B) に示すように 1 0 0 波から 1 0 1 波に変更する場合よりも、図 1 2 (C) に示すように 2 波から 3 波にする場合の方が運用チャンネルに対する増減設チャンネルのパワーの比率が大きいため、影響度も大きくなる。

【 0 0 5 4 】

したがって、増減設の際は可変光減衰器の減衰量の変化はある程度ゆっくりと行う必要があり、その変化速度が安全である限界値は波長数によって変化する。1 0 0 波以上にまで波長数が増えている現在では、増減設が完了するまでの時間を短縮化することも重要な性能の一つである。

【 0 0 5 5 】

そこで、上記の WDM 装置の特性を踏まえて、各チャンネルの可変光減衰部 2 0 1 ~ 2 0 n の A L C 制御回路 3 4 に可変光減衰器 3 0 の減衰量設定値の変化を任意の速度に設定することが出来る機能を持たせ、増減設を制御する監視制御部 4 0 において安全な速度を判断して、これを各波長の各チャンネルの可変光減衰

部 2 0 1 ~ 2 0 n の A L C 制御回路 3 4 に設定することにより、運用チャンネルに障害を発生させることなく、かつ素早い立ち上げ及び波長増減設機能を提供することが出来る。

【 0 0 5 6 】

ところで、図 4 に示す装置で、図 1 3 の実線 I a に示すように、可変光減衰部 2 0 1 ~ 2 0 n の入力波長が断した場合、および可変光減衰部 2 0 1 ~ 2 0 n の制御範囲を超えたレベル低下が起こった場合を考える。いずれの場合についても可変光減衰器 3 0 の入力レベルが下がるため、A L C 制御回路 3 4 がはたらいで可変光減衰器 3 0 の減衰量を減少させて行く。可変光減衰器 3 0 の減衰量を減少させて適正なレベルに合わせ込むことができれば、可変光減衰部 2 0 1 ~ 2 0 n の出力波長は図 1 3 の実線 I b から破線 I c に示すように変化する。

【 0 0 5 7 】

しかし、可変光減衰器 3 0 の減衰量を減少させて解放するだけでは適正なレベルに合わせ込むことが出来ず、全解放（減衰量が 0）に至った時点で諦めてシャットダウンするという現象が起こると、可変光減衰部 2 0 1 ~ 2 0 n の出力波長は図 1 3 の実線 I d に示すようにスパイク状に変動する。その結果、波長断の検出時間が遅くなるほか、特にアド・ドロップ装置やクロスコネクト装置構成の場合には、前段の WDM から来る A S E（自然放出光）が後段の WDM にスパイク状の変動となって流れ込むという現象が発生する。これはレベル変動の起こった波長以外の運用チャンネルに符号誤り率の劣化等の影響をおこす可能性がある。

【 0 0 5 8 】

そこで、入力波長断および急激にレベル低下が起こった場合には、可変光減衰部 2 0 1 ~ 2 0 n それぞれの A L C 制御回路 3 4 において入力波長の変動量が可変光減衰器 3 0 のダイナミックレンジの範囲内かどうかを判断し、本来のレベルに合わせ込むことが不可能と判断された場合には、A L C 制御を中止してフィードバック制御を行う対象から除外し、装置の仕様によりシャットダウンするもしくは前値保持状態とする機能により、上記問題を解決することが出来る。この場合の可変光減衰部 2 0 1 ~ 2 0 n の出力波長を図 1 3 に二点鎖線 I e で示す。

【 0 0 5 9 】

なお、シャットダウンするか前値保持にするかは、レベル変動のあったチャンネルも特性が劣化したとはいえ断ではないということで温存するか、それともそれ以外のチャンネルの安全性を優先するかによって決まる。

【0 0 6 0】

図 6 で説明した波長断および波長レベル低下検出閾値の決定方法について、安定光源の場合には固定値を持つことで対応可能であるが、アド・ドロップ装置、クロスコネクト装置の場合には上流側の WDM 装置（アド・ドロップ装置の場合はドロップ部 4 4）から情報の転送を受けることでより適正な閾値を設定することが出来る。

【0 0 6 1】

具体的には、図 1 4 に示すように、上流側の WDM 装置の分岐直前における光 S N R の測定結果、または、上流側の WDM 装置の受信アンプ 4 8 における A S E 補正量のいずれかの情報によって、各波長の信号光と A S E の比率が計算できる。このため、第 1 に、断検出閾値を A S E パワーレベルよりも少し上のレベルに設定する。第 2 に、レベル低下アラームを主信号のパワーが正常運用状態に比べて例えば 3 d B 下がったポイントに設定する。このいずれかによって、より適正な閾値を設定することが出来る。なお、光 S N R の測定結果または A S E 補正量の情報は網管理システム 4 2 から監視制御部 4 0 に供給し、閾値の設定は監視制御部 4 0 にて行うことが出来る。

【0 0 6 2】

本発明の構成においては、可変光減衰器 3 0 の出力側フォトダイオード 3 2 は高速フィードバックをするため必須であり、これによる多少のコストアップは避けられない。しかし、波長数が 1 0 0 波以上にもおよぶ現在の WDM システムにおいて、このコストアップは比較的大きいので問題となる。

【0 0 6 3】

可変光減衰器 3 0 の減衰量は A L C 制御回路 3 4 から供給される制御電流値の関数となっているため、出力側フォトダイオード 3 2 で測定した値に減衰量を加算することで可変光減衰器 3 0 の入力側の光パワーを算出することが出来る。ただし、減衰量と制御電流値の関数は可変光減衰器素子の個体ばらつきがあるため

、事前に可変光減衰器 3 0 の測定を行って、その特性を E E P R O M 等に保存しておくことにより、入力側の光パワーを換算することができ、入力側のフォトダイオード 3 1 を削除することが可能である。これにより高速 A L C 制御を実現しながら、コストアップを回避することが可能である。

【 0 0 6 4 】

図 1 5 は、本発明装置を適用したアド・ドロップ装置の一実施例のブロック図を示す。同図中、送信装置 6 0 から送出された光は中継装置 6 2 を経てアド・ドロップ装置 6 4 に至る。アド・ドロップ装置 6 4 のドロップ部 6 6 で分波されたうちの一部はそのままアド部 6 8 に供給されて合波される。また、他の一部はドロップされて光受信機 (R X P) で終端される。また、光送信機 (T X P) からの光が可変光減衰部を通して多重化部 2 2 に供給されてアッドされ、中継装置 7 0 を経て受信装置 7 2 に供給される。

【 0 0 6 5 】

ここで、本発明の高速 A L C 制御方法をアド・ドロップの送信側の制御系に適用することで、図中に示したように上流側の中継装置 6 2 で発生したある波長のレベル変動を可変光減衰部 2 0 ₁ ~ 2 0 _n のうちのこの波長に対応する可変光減衰部 2 0 _i で吸収して下流への波及を避けることが出来る。

【 0 0 6 6 】

図 1 6 は、本発明装置を適用したクロスコネクト装置の一実施例のブロック図を示す。クロスコネクト装置は波長分離部 8 0 と、ドロップ用の光スイッチアレイ 8 2 と、アド用の光スイッチアレイ 8 4 と、波長多重部 8 6 とから構成されており、波長多重部 8 6 の構成は図 4 の装置と同様であるので同一符号を付す。

【 0 0 6 7 】

波長分離部 8 0 は、受信アンプ 8 7 と分離化部 (D M U X) 8 8 から構成されている。分離化部 5 0 で分離された複数の波長は光スイッチアレイ 8 2 , 8 4 を通してスルーチャンネルとして波長多重部 8 6 に供給されるか、または光スイッチアレイ 8 2 の切り替えによりドロップチャンネルとして光受信機 (R X P) 9 0 ₁ ~ 9 0 _n に供給される。また、光送信機 (T X P) 9 2 ₁ ~ 9 0 _n からのアドチャンネルの波長は、光スイッチアレイ 8 4 の切り替えにより波長多重部 8 6

の可変光減衰部 2 0 ₁ ~ 2 0 _n に供給される。

【 0 0 6 8 】

この実施例では、波長多重部 8 6 に供給される任意の波長の光がスルーチャンネルの光から光送信機の出力光に切り替わったとき、波長多重部 8 6 の可変光減衰部 2 0 ₁ ~ 2 0 _n における入力レベルは大きく変動することになる。本発明装置である波長多重部 8 6 は、このレベル変動を吸収することが出来るため、他のチャンネルに影響を与えることなくチャンネルの切り替えを行うことが出来る。

【 0 0 6 9 】

また、図 1 6 ではドロップチャンネルの光と光送信機からのアドチャンネルの光を切り替える構成となっているが、他の方路から来たドロップチャンネルの光同士を切り替えるクロスコネクタ装置にも適用可能である。

【 0 0 7 0 】

本発明によれば、アド・ドロップ装置、クロスコネクタ装置を含む光伝送システムにおいて、上流側の WDM 区間で発生した光レベル変動を下流 WDM 区間に流れ込むことを防ぎ、アド・ドロップ装置、クロスコネクタ装置の段数や、総伝送距離の制限をなくして高性能な光伝送システムを提供することができる。

【 0 0 7 1 】

なお、フォトダイオード 3 2 が請求項記載の光レベル検出手段に対応し、A L C 制御回路 3 4 が減衰量制御手段に対応し、フォトダイオード 3 1 がアラーム検出手段に対応し、監視制御部 4 0 が閾値可変制御手段に対応する。

【 0 0 7 2 】

(付記 1) 複数波長の入力光を波長多重して出力するとともに、多重出力光を光モニタ部でモニタして各波長のレベルを分析し、各波長の分析レベルに応じて波長多重される各波長の入力光を複数の可変光減衰器で波長毎に調整して同レベルとする波長多重方法において、

前記複数の可変光減衰器それぞれの出力レベルを検出し、

前記可変光減衰器の出力レベルと前記分析レベルとに応じて前記複数の可変光減衰器の減衰量を制御することを特徴とする波長多重方法。

【 0 0 7 3 】

(付記 2) 複数波長の入力光を波長多重して出力するとともに、多重出力光を光モニタ部でモニタして各波長のレベルを分析し、各波長の分析レベルに応じて波長多重される各波長の入力光を複数の可変光減衰器で波長毎に調整して同レベルとする波長多重装置において、

前記複数の可変光減衰器それぞれの出力レベルを検出する複数の光レベル検出手段と、

前記可変光減衰器の出力レベルと前記分析レベルとに応じて前記複数の可変光減衰器の減衰量を制御する複数の減衰量制御手段を

有することを特徴とする波長多重装置。

【 0 0 7 4 】

(付記 3) 付記 2 記載の波長多重装置において、

前記複数の可変光減衰器それぞれの入力光のレベルを検出し、検出した入力レベルが閾値を下回ったときアラーム検出を行う複数のアラーム検出手段を有し、

前記複数の入力光それぞれの光源が安定したものか否かに応じて前記複数のアラーム検出手段それぞれの閾値を可変制御する閾値可変制御手段を

有することを特徴とする波長多重装置。

【 0 0 7 5 】

(付記 4) 付記 2 または 3 記載の波長多重装置において、

前記複数の可変光減衰器それぞれは、縦続接続された複数の可変光減衰器で構成されたことを特徴とする波長多重装置。

【 0 0 7 6 】

(付記 5) 付記 2 乃至 4 のいずれか記載の波長多重装置において、

前記複数の減衰量制御手段それぞれは、前記分析レベルと前記可変光減衰器の出力レベルとの差に対して、前記可変光減衰器の減衰量の変化量を抑えることを特徴とする波長多重装置。

【 0 0 7 7 】

(付記 6) 付記 5 記載の波長多重装置において、

前記複数の減衰量制御手段それぞれは、前記分析レベルと前記可変光減衰器の出力レベルとの差に対して、前記可変光減衰器の減衰量の変化量を階段状に変化

させることを特徴とする波長多重装置。

【0 0 7 8】

(付記 7) 付記 5 記載の波長多重装置において、

前記複数の減衰量制御手段それぞれは、前記分析レベルと前記可変光減衰器の出力レベルとの差に対して、前記可変光減衰器の減衰量の変化量に上限を設けることを特徴とする波長多重装置。

【0 0 7 9】

(付記 8) 付記 5 記載の波長多重装置において、

前記複数の減衰量制御手段それぞれは、前記分析レベルと前記可変光減衰器の出力レベルとの差に対して、前記可変光減衰器の減衰量の変化量の傾きを徐々に緩くすることを特徴とする波長多重装置。

【0 0 8 0】

(付記 9) 付記 2 乃至 8 のいずれか記載の波長多重装置において、

前記複数の減衰量制御手段それぞれは、入力光のレベル変化が前記可変光減衰器のダイナミックレンジを超えたとき前記可変光減衰器の減衰量制御を停止することを特徴とする波長多重装置。

【0 0 8 1】

(付記 1 0) 付記 3 記載の波長多重装置において、

前記閾値可変制御手段は、上流側の波長多重装置から通知される自然放出光パワー情報に応じて対応するアラーム検出手段の閾値を可変制御することを特徴とする波長多重装置。

【0 0 8 2】

(付記 1 1) 付記 3 記載の波長多重装置において、

前記複数の光レベル検出手段で検出した複数の可変光減衰器それぞれの出力レベルから前記複数の可変光減衰器それぞれの入力光のレベルを算出する入力レベル算出手段を有し、

前記複数のアラーム検出手段は前記入力レベル算出手段で算出した入力レベルが閾値を下回ったときアラーム検出を行うことを特徴とする波長多重装置。

【0 0 8 3】

【発明の効果】

上述の如く、請求項 1，2 に記載の発明によれば、可変光減衰器の減衰量を高速に制御することができ、上流側の WDM 区間で発生した光レベル変動を下流 WDM 区間に流れ込むことを防止できる。

【0 0 8 4】

また、請求項 3 に記載の発明によれば、A S E を含んだ入力光に対して波長断及びレベル低下アラームの検出の誤動作を防止できる。

【0 0 8 5】

また、請求項 4 に記載の発明によれば、可変光減衰器の入力ダイナミックレンジの高精度に制御可能な範囲を拡大できる。

【0 0 8 6】

また、請求項 5 に記載の発明によれば、可変光減衰器の出力が発振して動作が不安定になることを防止することができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

従来の波長多重装置の一例のブロック図である。

【図 2】

WDM の装置構成を示す図である。

【図 3】

従来装置のフィードバック制御方法を示す図である。

【図 4】

本発明の波長多重装置の一実施例のブロック図である。

【図 5】

本発明装置のフィードバック制御方法を示す図である。

【図 6】

本発明を用いたアド・ドロップ装置の一実施例のブロック図である。

【図 7】

スルーチャンネルとアドチャンネルの波長スペクトルである。

【図 8】

可変光減衰器の制御電流対減衰量の特性図である。

【図 9】

可変光減衰器の縦続接続構成を示す図である。

【図 1 0】

縦続接続構成の可変光減衰器の動作を説明するための図である。

【図 1 1】

目標値と測定値の差と減衰量の設定値の変化量の関係を示す図である。

【図 1 2】

波長の増減設時の影響を説明するための図である。

【図 1 3】

可変光減衰部の入出力波形を示す図である。

【図 1 4】

波長断および波長レベル低下検出閾値の設定を説明するための図である。

【図 1 5】

本発明装置を適用したアド・ドロップ装置の一実施例のブロック図である。

【図 1 6】

本発明装置を適用したクロスコネクト装置の一実施例のブロック図である。

【符号の説明】

2 0 ₁ ~ 2 0 _n 可変光減衰部

2 2 多重化部

2 4 送信アンプ

2 6 光カプラ

2 8 光モニタ部

3 0 可変光減衰器

3 1, 3 2 フォトダイオード

3 4 A L C 制御回路

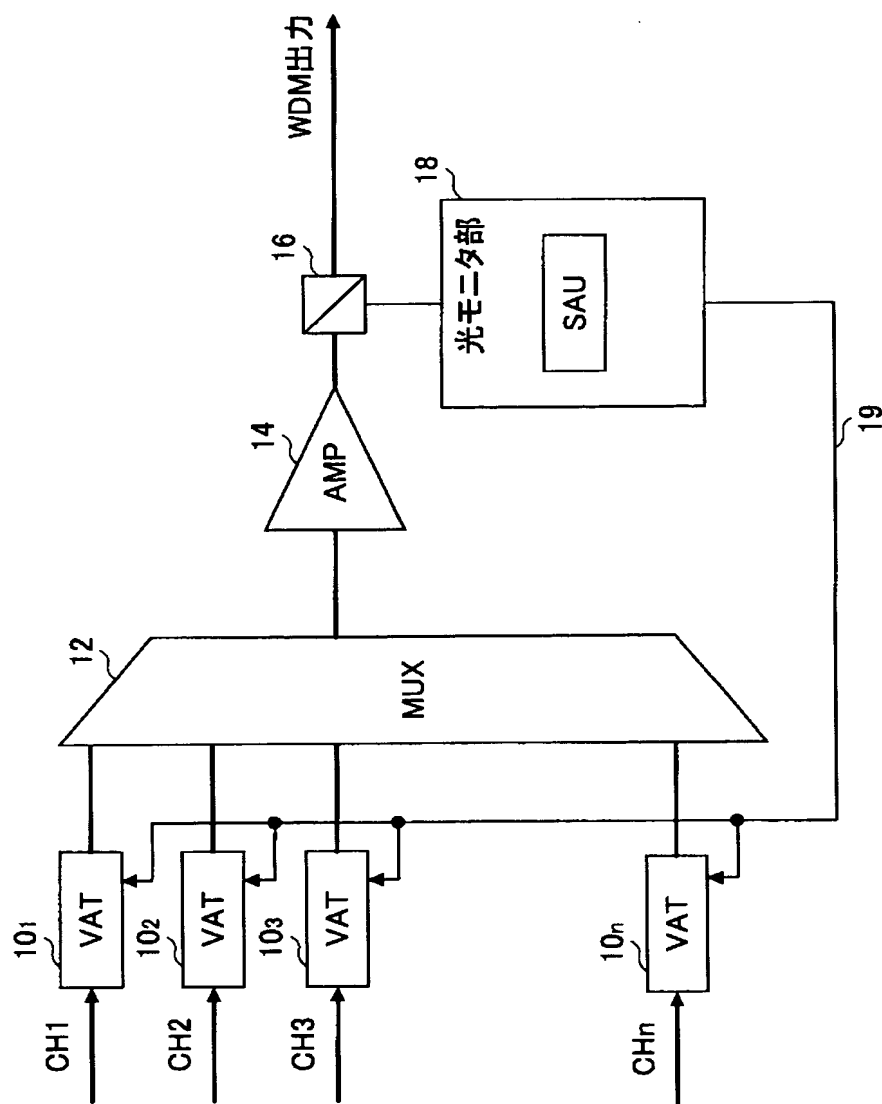
4 0 監視制御部

4 2 網管理システム

【書類名】 図面

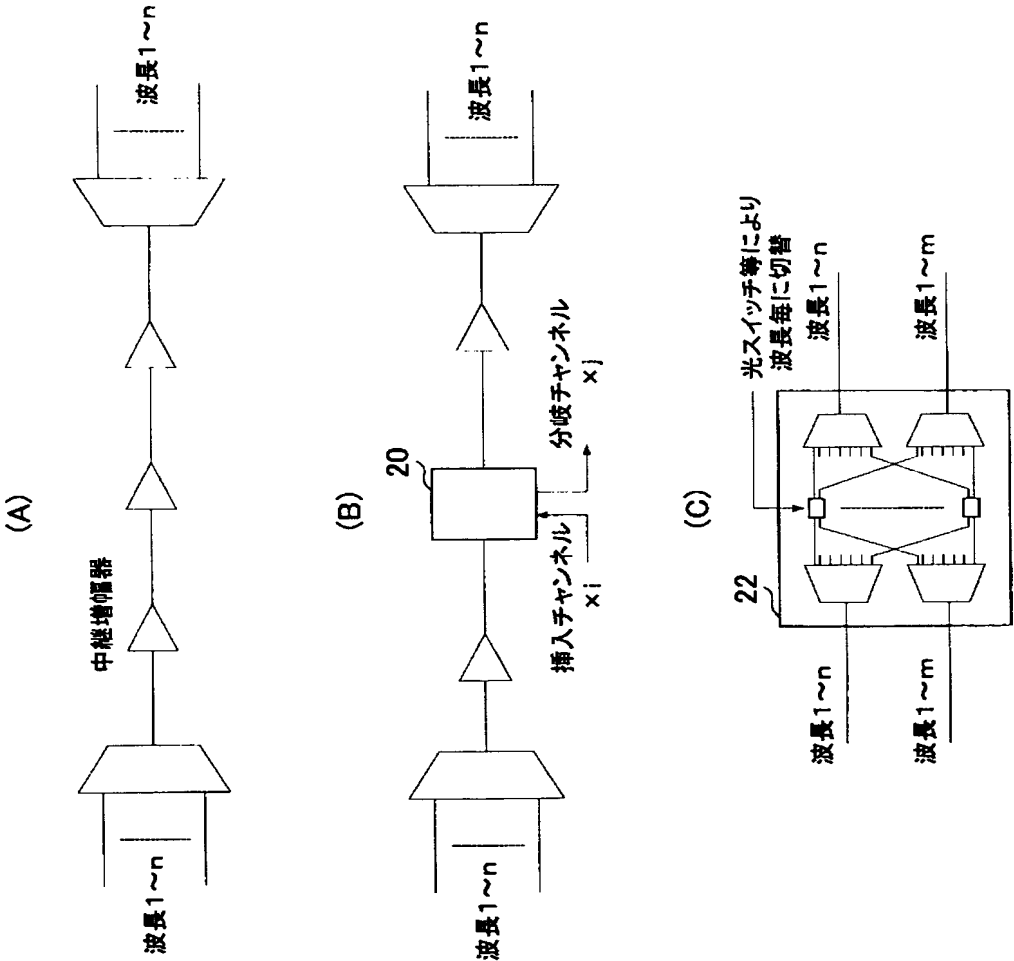
【図 1】

従来の波長多重装置の一例のブロック図



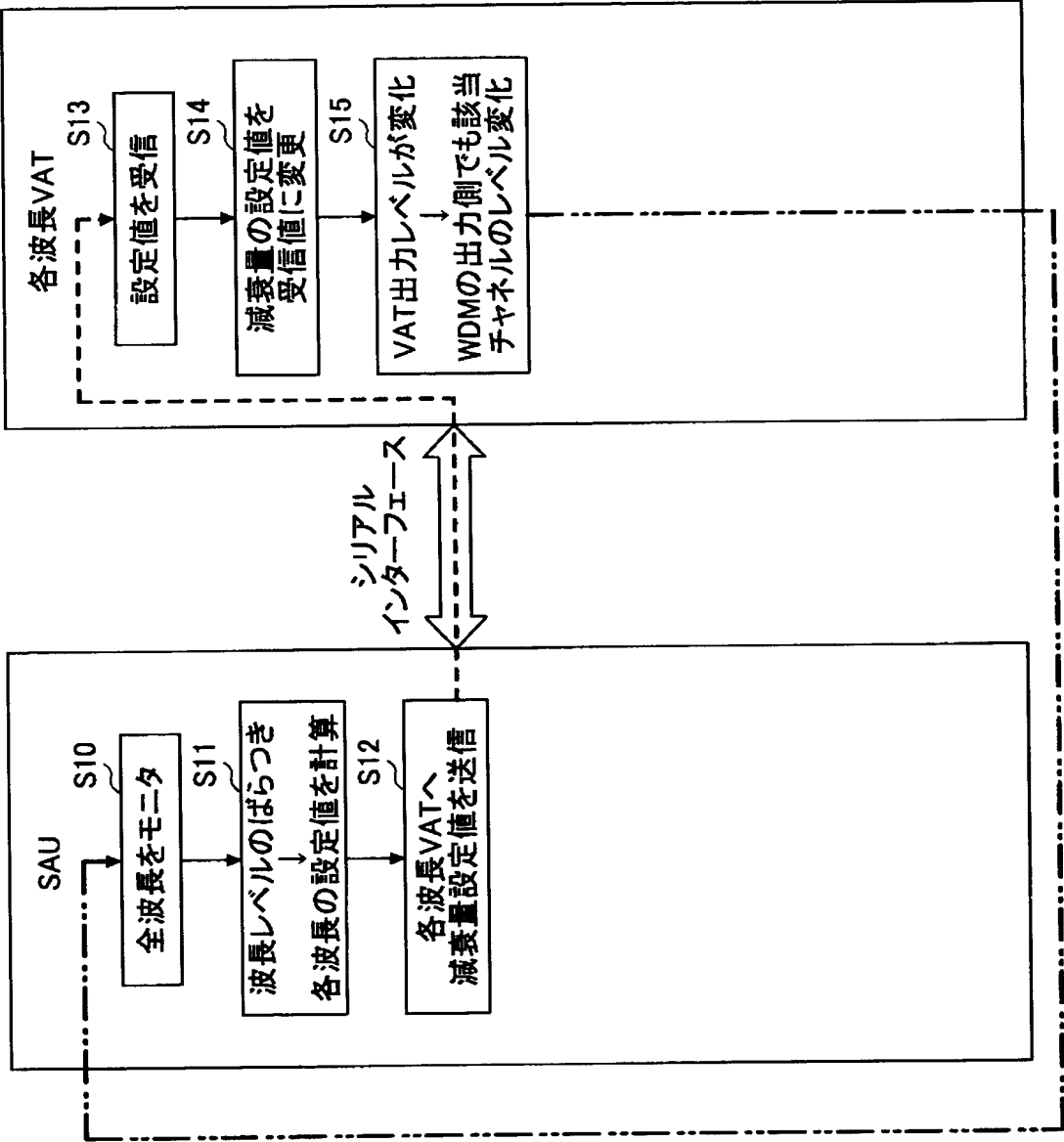
【図 2】

WDMの装置構成を示す図



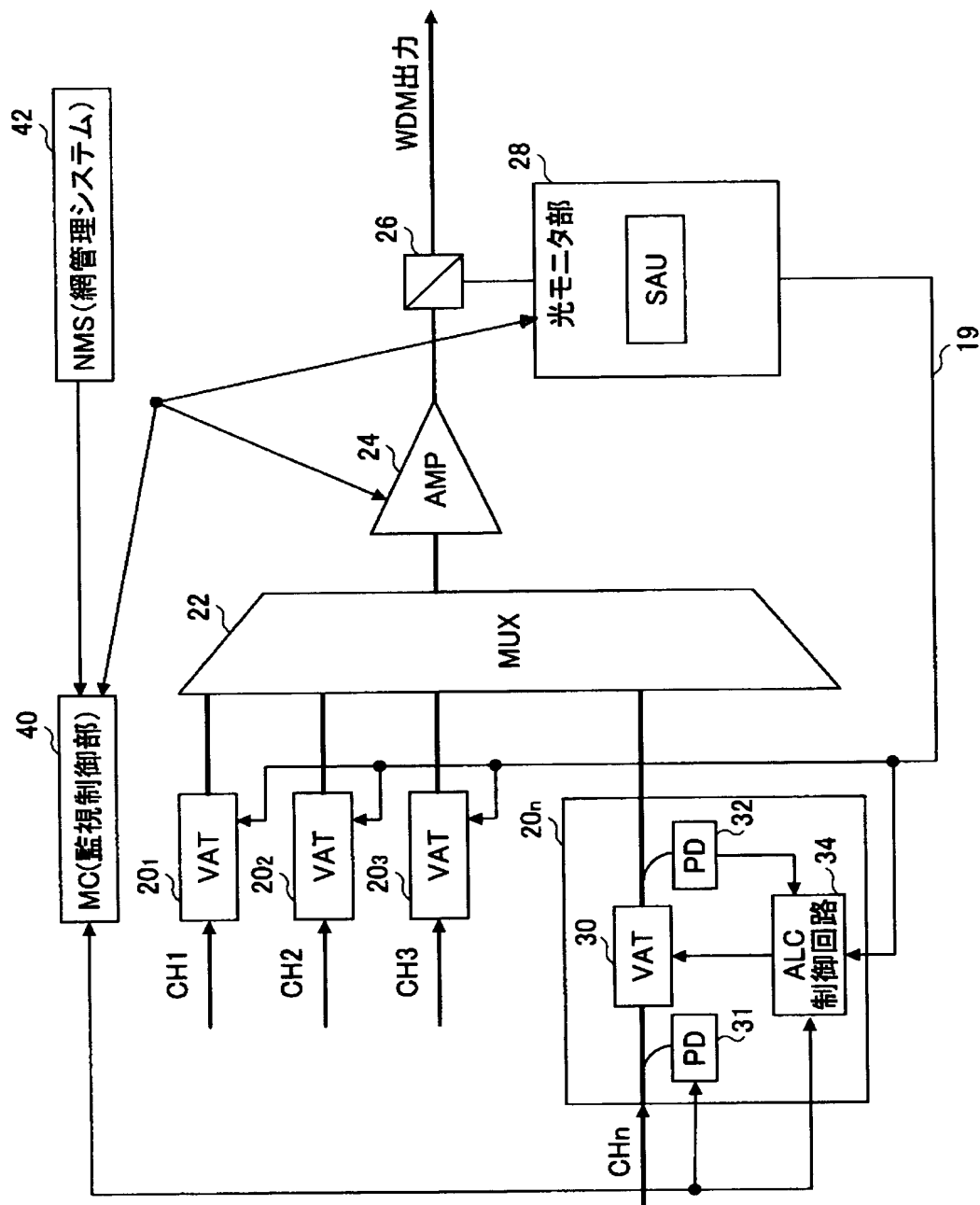
【図 3】

従来装置のフィードバック制御方法を示す図



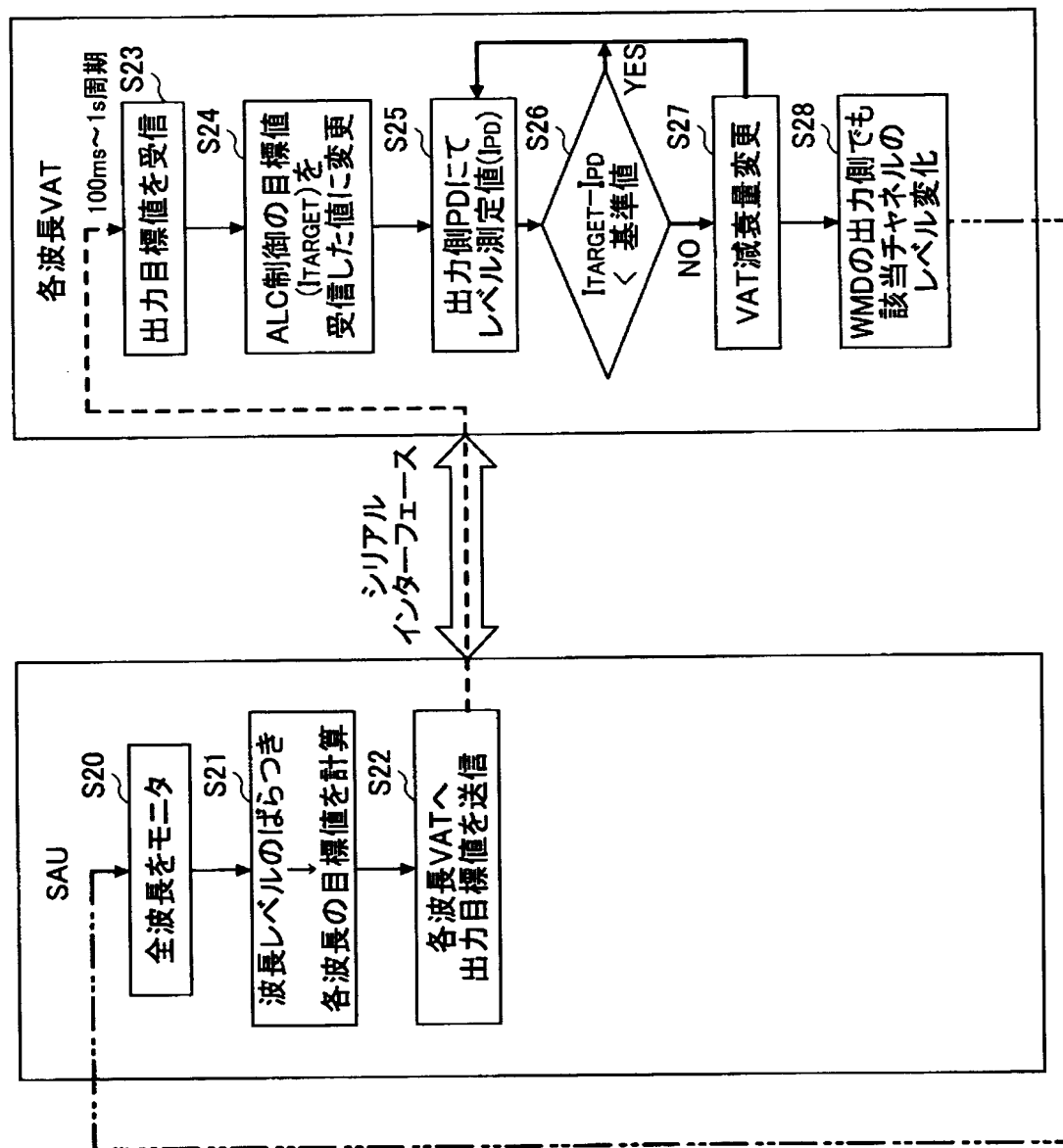
【図 4】

本発明の波長多重装置の一実施例のブロック図



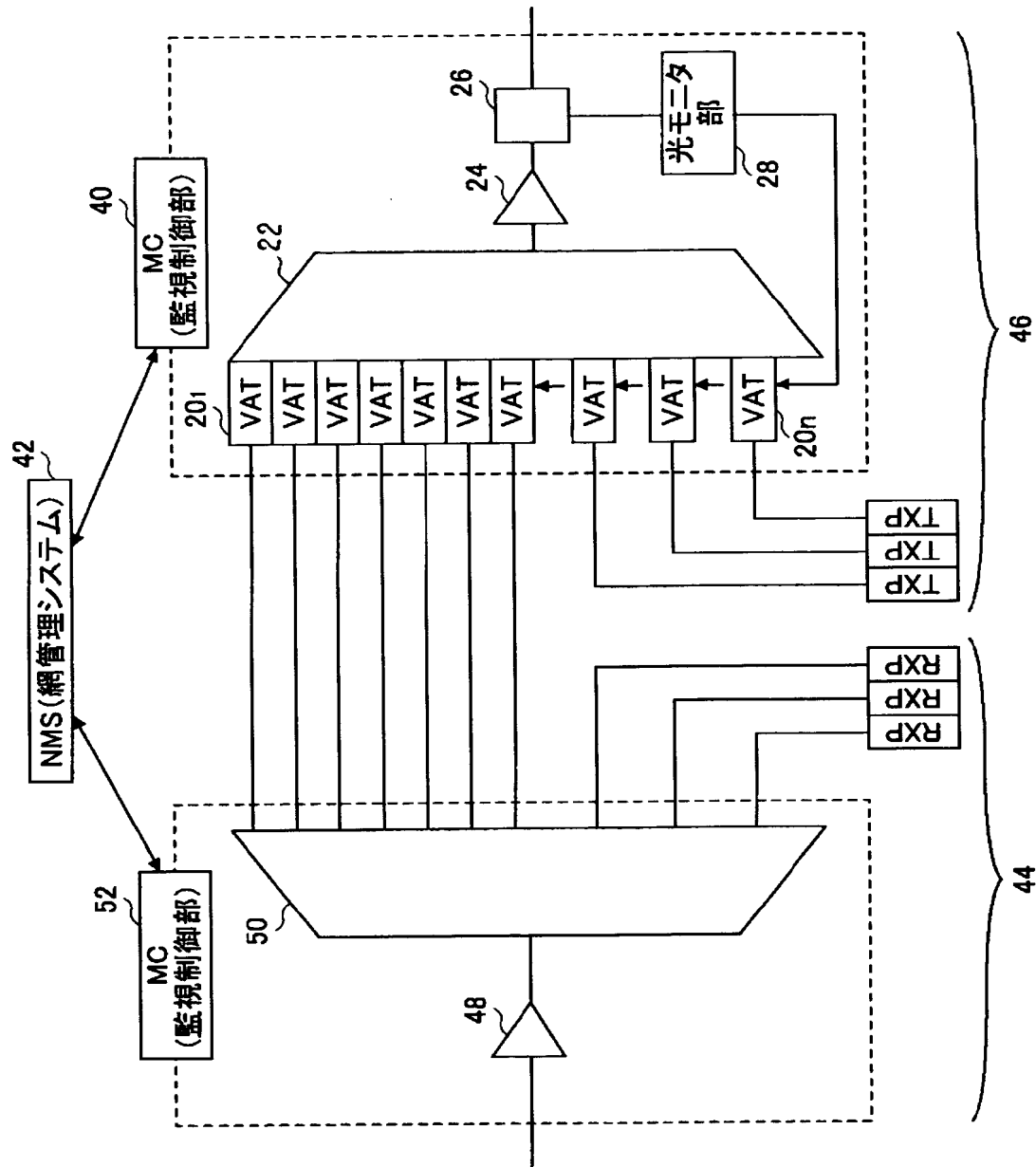
【図 5】

本発明装置のフィードバック制御方法を示す図



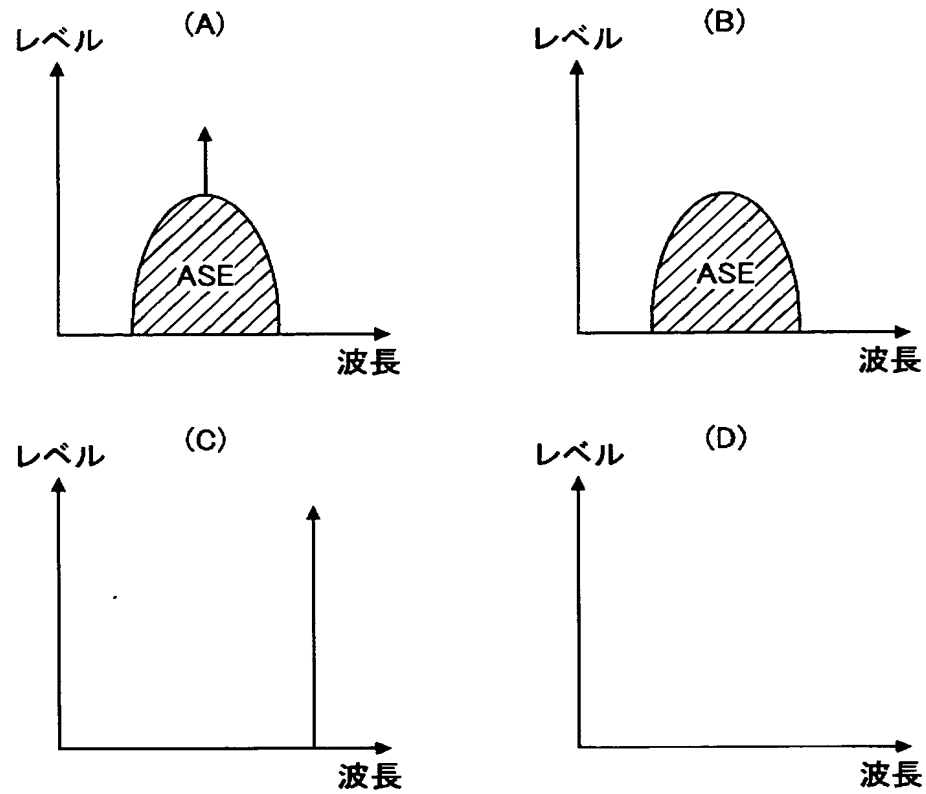
【図 6】

本発明を用いたアド・ドロップ装置の一実施例のブロック図



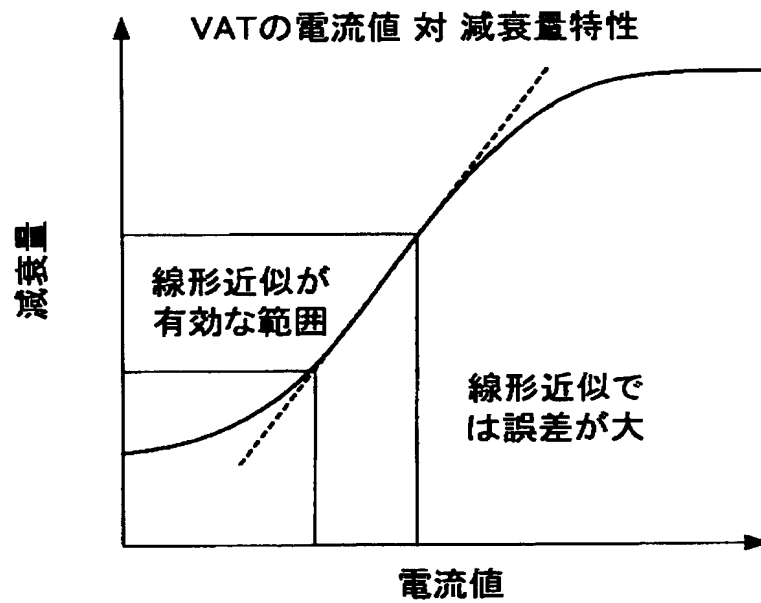
【図 7】

スルーチャンネルとアドチャンネルの波長スペクトル



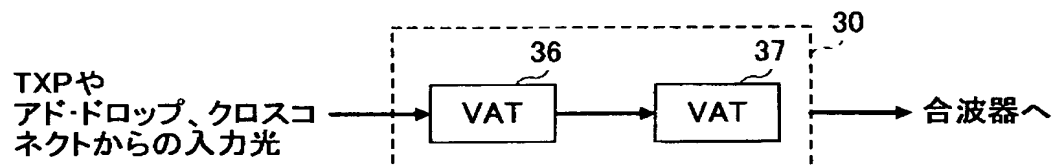
【図 8】

可変光減衰器の制御電流対減衰量特性図



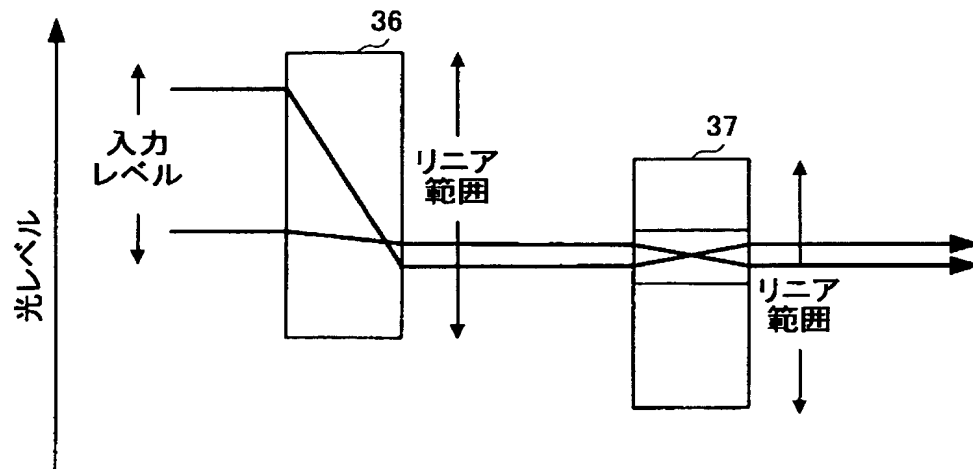
【図 9】

可変光減衰器の縦続接続構成を示す図



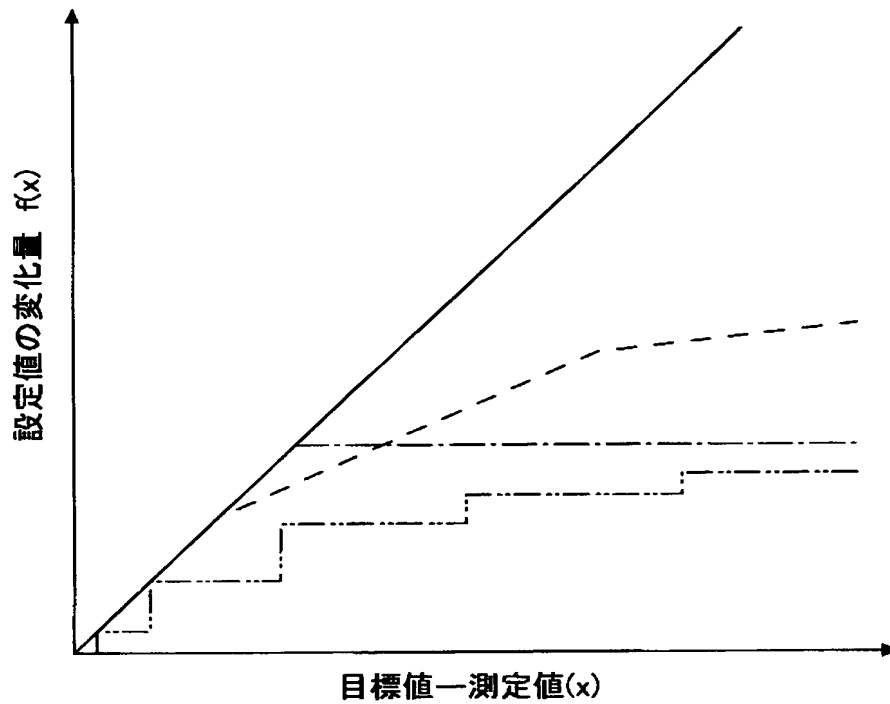
【図 10】

縦続接続構成の可変光減衰器の動作を説明するための図



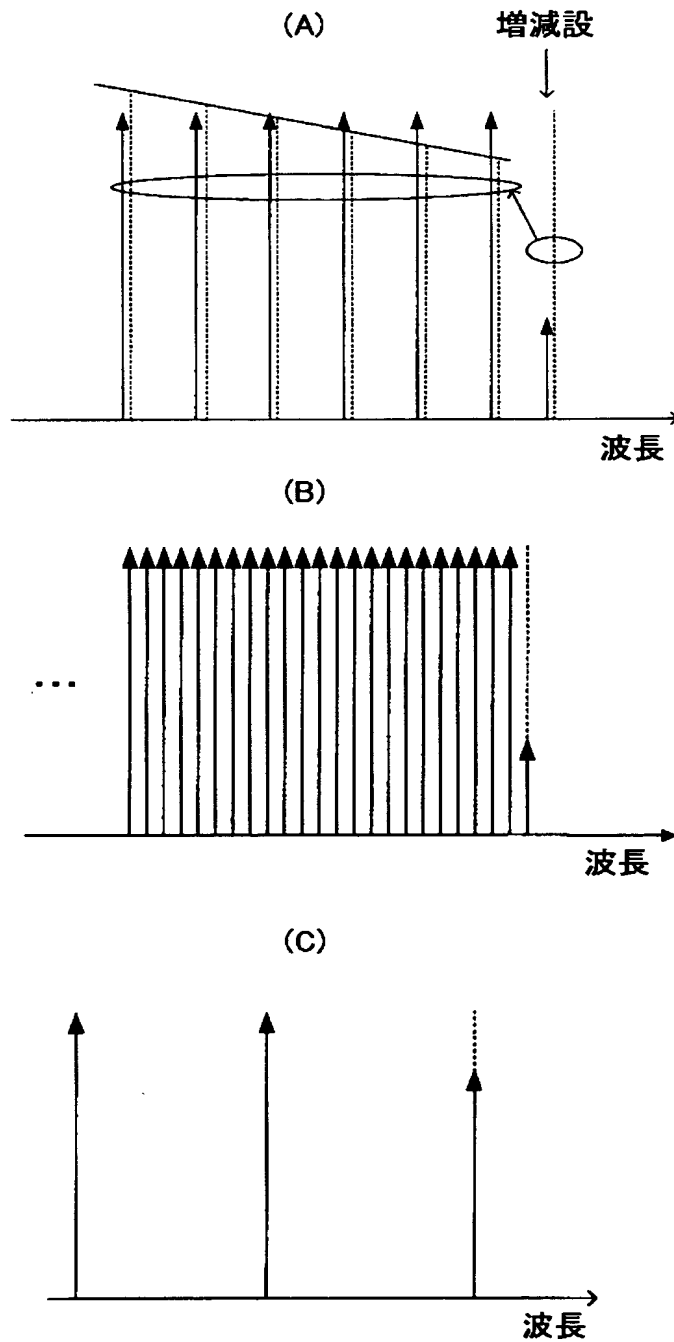
【図 1 1】

目標値と測定値の差と減衰量の設定値の変化量の関係を示す図



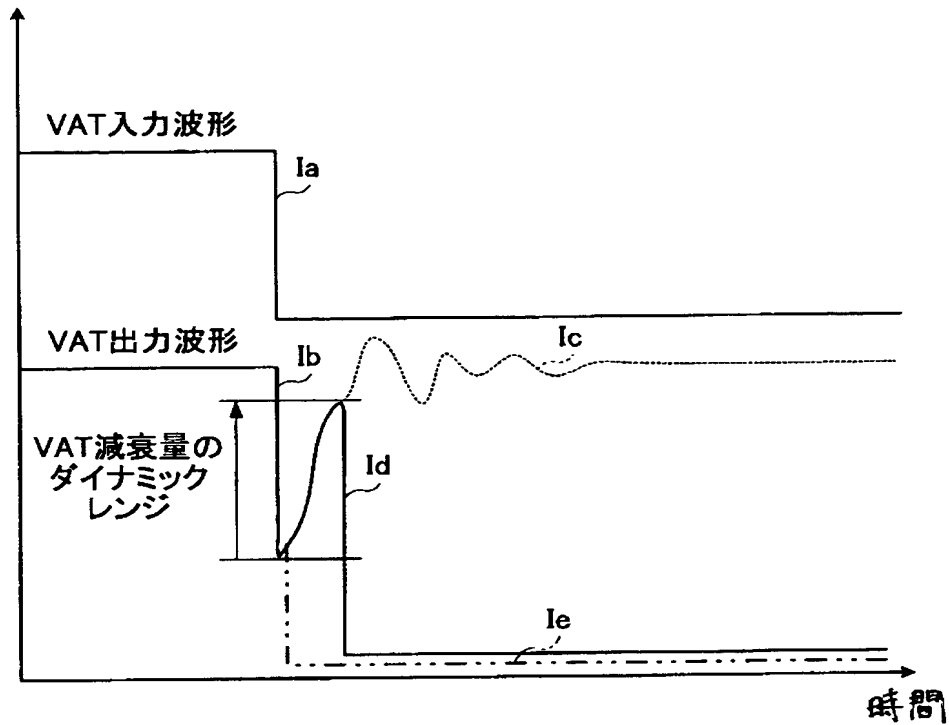
【図 12】

波長の増減設時の影響を説明するための図



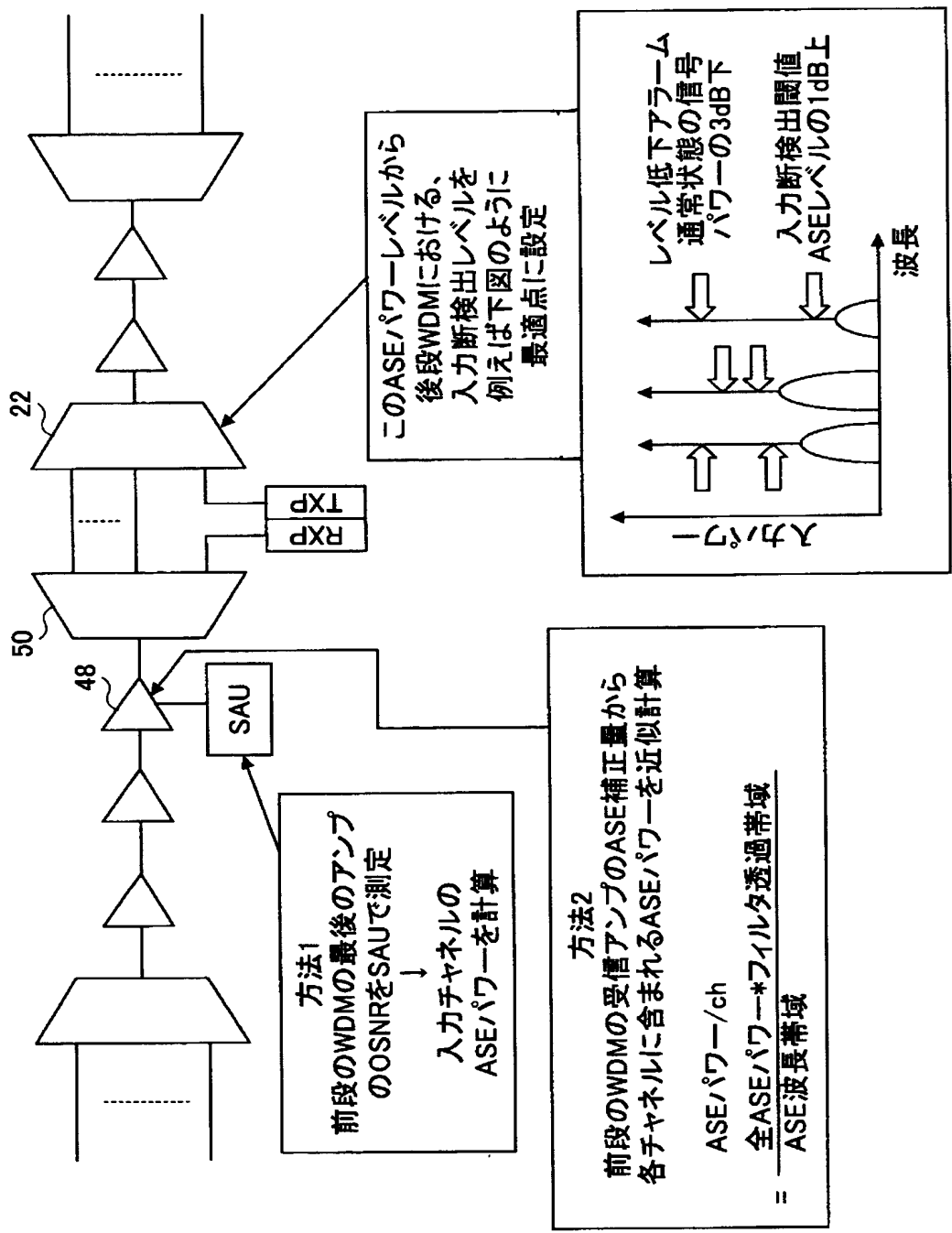
【図13】

可変光減衰部の入出力波形を示す図



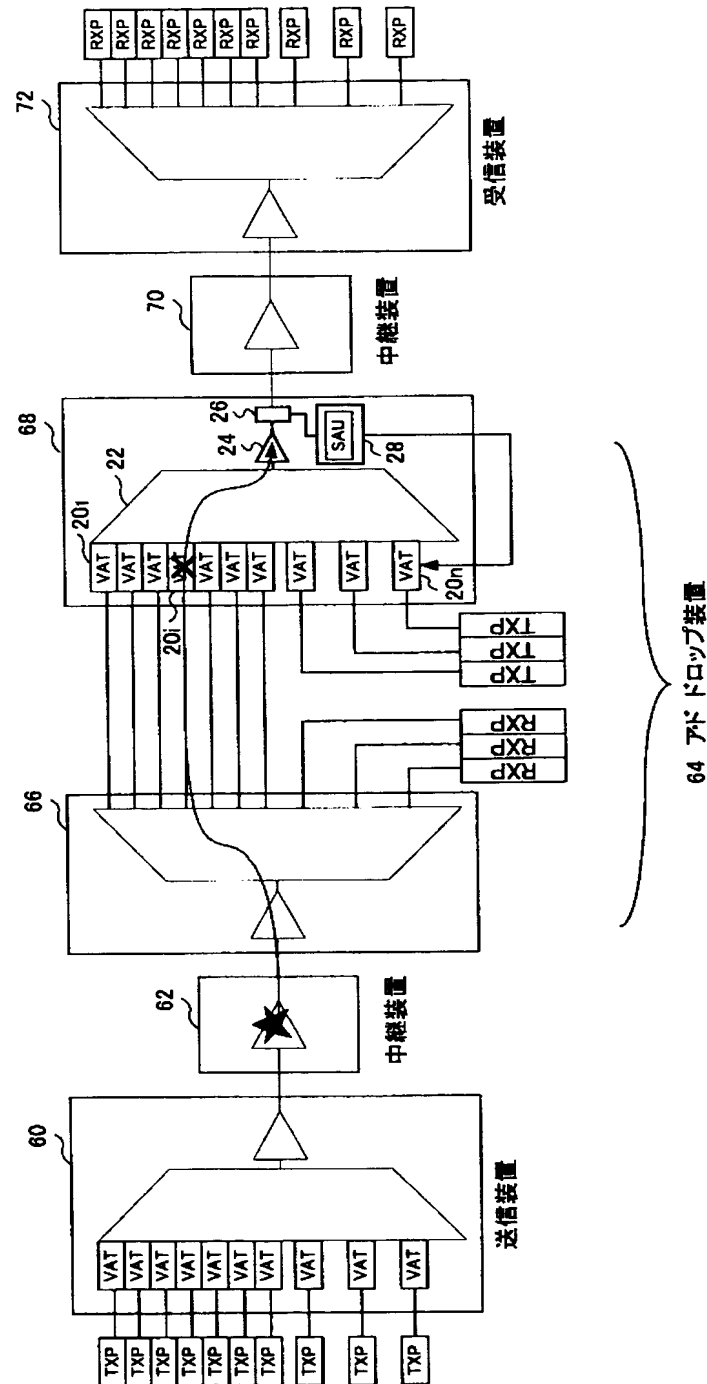
【図 1 4】

波長断および波長レベル低下検出閾値の設定を説明するための図



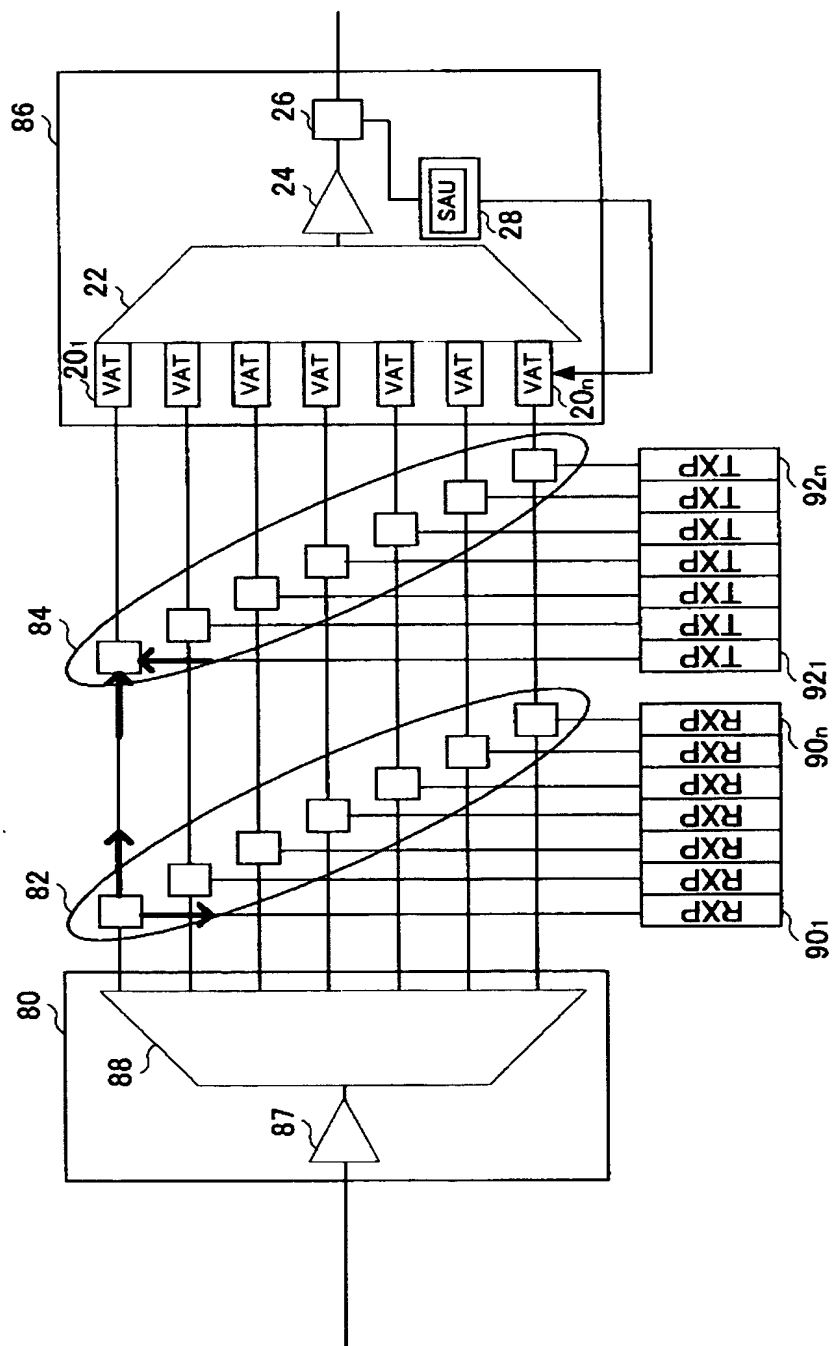
【図 15】

本発明装置を適用したアド・ドロップ装置の一実施例のブロック図



【図 16】

本発明装置を適用したクロスコネクタ装置の一実施例のブロック図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、可変光減衰器の減衰量を高速に制御することができ、上流側のWDM区間で発生した光レベル変動を下流WDM区間に流れ込むことを防止できる波長多重方法及びその装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 複数波長の入力光を波長多重して出力するとともに、多重出力光を光モニタ部でモニタして各波長のレベルを分析し、各波長の分析レベルに応じて波長多重される各波長の入力光を複数の可変光減衰器で波長毎に調整して同レベルとする波長多重方法において、複数の可変光減衰器それぞれの出力レベルを検出し、可変光減衰器の出力レベルと分析レベルとに応じて複数の可変光減衰器の減衰量を制御する。

【選択図】 図 4

特願 2 0 0 2 - 3 0 3 8 9 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 4 日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中 1 0 1 5 番地
氏 名 富士通株式会社
2. 変更年月日 1 9 9 6 年 3 月 2 6 日
[変更理由] 住所変更
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
氏 名 富士通株式会社